

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-52159

(43)公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/13

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

M

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-208961

(22)出願日 平成9年(1997) 8月4日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 是永 継博

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 朝倉 宏之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

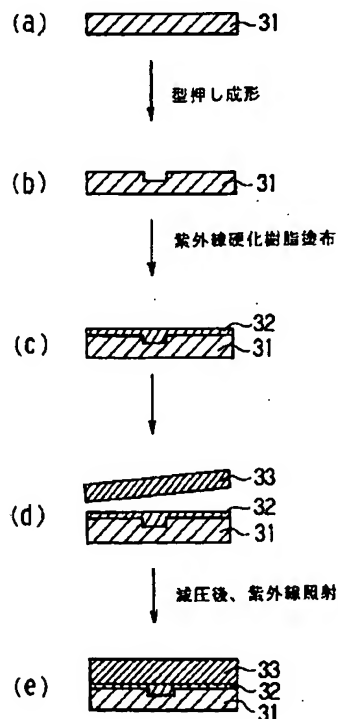
(74)代理人 弁理士 池内 寛幸 (外1名)

(54)【発明の名称】 光導波路の製造方法

(57)【要約】

【課題】 性能を維持しながら大量生産が可能でコスト面でも有利な工程を含む実用的な光導波路の製造方法を提供する。

【解決手段】 ガラス基板31に型押し成形によってコアパターン形状を有する溝を形成し、形成された溝にコア材料として紫外光硬化性樹脂32を充填し、さらに第2のガラス基板33でコア材料を挟み、紫外光を照射して樹脂を硬化させコアとすることによって光導波路を製造する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コア層とクラッド層とを含む光導波路の製造方法であって、コア層またはクラッド層の少なくとも一部を溶射法を用いて形成することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項2】 下部クラッド層となる光学的に透明な基板の表面にパターン化したコア層を形成する工程と、上部クラッド層となる光学的に透明な層を溶射法により形成する工程とを含む請求項1に記載の光導波路の製造方法。

【請求項3】 コア層とクラッド層とを含む光導波路の製造方法であって、下部クラッド層となる光学的に透明な第1の基板に型押し成形によってコアパターン形状を有する溝を形成する工程と、前記溝にコア材料として光硬化性樹脂を充填する工程と、上部クラッド層となる光学的に透明な第2の基板と前記第1の基板とにより前記光硬化性樹脂を挟み、この光硬化性樹脂を光照射により硬化させてコア層とする工程を含むことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項4】 前記第1および第2の基板の少なくとも一方がプラスチックからなる請求項3に記載の光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は主として光通信に用いられる光導波路の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光通信分野において、高度な光信号処理を行うために各種機能を持つ光集積回路の研究開発が盛んに行われている。光集積回路は光導波路を基本要素としており、光導波路は相対的に屈折率の高いコア領域を相対的に屈折率の低いクラッド層で覆うことによってコア領域に光を閉じこめて伝搬させるものであり、コア領域をパターン化して配列することで、多種の機能を実現している。

【0003】光導波路の作成工程は大別して2つに分けられる。一つはコア、クラッドを膜として形成していく工程であるが、コアおよびクラッドには数 μm ～数十 μm という厚膜を要求されるとともに、光の伝搬するコア領域には高い膜厚精度と低い光損失性が求められる。このような膜形成方法として、石英系材料に対しては火炎堆積法、CVD法、蒸着法、スパッタ法、ゾルゲル法、イオン拡散法などが、また有機系材料としては紫外線硬化樹脂や熱硬化樹脂を用いたものがそれぞれ提案されている。

【0004】もう一つはコアをパターニングする工程であるが、これにはまずコア層を形成してから矩形断面にコアを加工し、所望のパターンを形成する方法と、下部クラッドを兼ねた基板に所望のパターン形状をもつ溝を予め作成しておき、その溝にコア材料を充填する方法が

ある。特にフォトリソグラフィとドライエッチングを用いてコアをパターニングしたり、溝を形成することが行われている。

【0005】特に石英系光導波路の製造方法としては、図4のようにコア、クラッド膜形成方法として火炎堆積法、コアパターン形成法としてイオンエッチング法を用いるものが代表的である（例えば、河内、オプトロニクス No. 8 85 1988）。

【0006】

【発明が解決しようとする問題点】しかしながら、膜形成工程、コアパターニング工程に多くの提案がなされているにも関わらず、未だに性能、量産性、低コスト性を兼ね備えた光導波路の製造方法は皆無である。これは各種膜形成法が利点と欠点を合わせてもっているためである。例えば火炎堆積法やCVD法では良質なコアが作成できるが、両者とも爆発性ガスを用いるため、安全対策として設備面で多くの工夫が必要となる。また火炎堆積法はメカニズムが複雑なために膜性能の再現性が低く、CVD法は成膜速度が極めて遅く、量産面で難点がある。

【0007】また、電子ビーム蒸着やスパッタ法でも低損失な膜形成が可能であるが、膜の形成速度が遅いため、通常10～数十 μm 程度の膜厚を必要とする光導波路の作製プロセスとしてはコスト的に課題がある。

【0008】一方、コアのパターニング方法として最も代表的であるフォトリソグラフィとドライエッチングについても、非常に工程が複雑であるとともに多くの設備が必要のためにコスト面で課題を抱えている。

【0009】このような点を鑑み、本発明は、性能、量産性、低コスト性を兼ね備えた光導波路の製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【問題点を解決するための手段】このような課題を解決すべく本発明の光導波路の第1の製造方法は、コア層とクラッド層とを含む光導波路の製造方法であって、コア層またはクラッド層の少なくとも一部を溶射法を用いて形成することを特徴とする。

【0011】この方法は、爆発性ガスが不必要で設備も複雑でなく、また特性の再現性も比較的よいという利点を有する溶射法を用いているため、性能、量産性、低コスト性を兼ね備えた光導波路の製造方法となる。

【0012】前記方法においては、下部クラッド層となる光学的に透明な基板の表面にパターン化したコア層を形成する工程と、上部クラッド層となる光学的に透明な層を溶射法により形成する工程とを含むことが好ましい。

【0013】この好ましい例によれば、量産性に優れた溶射法を比較的要求性能の緩やかなクラッド層形成に利用しているため、さらに性能面などで好ましい光導波路の製造方法とすることができる。

【0014】本発明の光導波路の第2の製造方法は、コア層とクラッド層とを含む光導波路の製造方法であって、下部クラッド層となる光学的に透明な第1の基板に型押し成形によってコアパターン形状を有する溝を形成する工程と、前記溝にコア材料として光硬化性樹脂を充填する工程と、上部クラッド層となる光学的に透明な第2の基板と前記第1の基板とにより前記光硬化性樹脂を挟み、この光硬化性樹脂を光照射により硬化させてコア層とする工程を含むことを特徴とする。

【0015】この方法は、工程が比較的簡単で、大がかりな設備を必要とせずに微細なパターンを一括して形成できる型押し成形を用いているため、性能、量産性、低コスト性を兼ね備えた光導波路の製造方法となる。型押し成形は特に量産面で有利である。

【0016】前記方法においては、前記第1および第2の基板の少なくとも一方がプラスチックからなることが好ましい。コスト面などでさらに有利だからである。

【0017】このように、本発明の製造方法は、設備が大がかりでなく複雑な工程を用いずに光導波路を製造することに主眼を置くものである。すなわち、第1の製造方法は高速かつ大面積に成膜できる溶射法を用いて光導波路を製造するものであり、第2の製造方法はクラッドを兼ねた第1の基板にコアパターン溝を一括で型押し成形し、この溝に光硬化性樹脂を充填し、クラッドを兼ねた第2の基板を接合するものである。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

（第1の実施形態）図1はクラッド作成に溶射法を用いた光導波路の製造方法の一例である。下部クラッドを兼ねた石英ガラス基板11に電子ビーム（EB）蒸着によって膜厚 $8\mu\text{m}$ のコア層12を形成する。コア層12の材料としては $\text{SiO}_2/\text{GeO}_2$ の混合焼結体を用いられている。この後、フォトリソグラフィ、反応性イオンエッチングによりコアを $8\mu\text{m}$ 角にパターンニングしてからプラズマ溶射を用いて膜厚 $30\mu\text{m}$ の SiO_2 からなる上部クラッド層14を形成し、最後に約 $1200\sim 1500^\circ\text{C}$ の温度で焼成して光導波路が作製される。

【0019】図2はプラズマ溶射装置のトーチの概略図を示している。この装置には、Arを主成分とするガス21と原料粉末22とが供給される。アノード、カソード23間にDCバイアスをかけることでアーク放電を発生させてプラズマジェットを起こし、そのエネルギーにより供給される粉末が加速、熔融して基板に吹きつけられる。

【0020】このような溶射法を用いれば、数 μm /秒の膜形成速度は十分に得られ、少なくとも $10\sim 20\mu\text{m}$ 以上の膜厚を必要とするクラッド層を極めて短時間で形成することができる。また、トーチをスライドさせながらコーティングすることで大面積化が可能であると

もに面内の膜厚分布を均一化することができる。膜形成速度についてはトーチと基板間の距離、使用する材料パウダの粒径を適当に選べば最適化が可能である。

【0021】従来用いられていたクラッド層の代表的な形成プロセスである火炎堆積法と溶射法とを比較すると、火炎堆積法はコア、クラッドともに非常に良質な導波路を形成できるが、爆発性ガスを用いるために安全対策が必要で、そのための付帯設備が必要となって設備コストが高価になる課題があった。また、プロセス上のメカニズムが非常に複雑なため特性の再現性に乏しく、結果として歩留まり低下を招いていた。

【0022】一方、溶射法は爆発性ガスが不必要で設備は複雑でなく、また特性の再現性も比較的良好である。溶射法は、比較的要求性能の緩やかなクラッド形成に特に適しているが、コアの形成も可能である。

【0023】なお、本発明では基板として石英ガラスを用いているが、 1200°C 程度で耐えられるもの、例えばシリコン（Si）基板などであってもよい。この場合には下部クラッド層も溶射法により形成することができる。

【0024】また、本発明では大気圧下での溶射法を用いたが、チャンバ内に溶射トーチを設け、真空引きしたのちArなどの不活性ガスを導入して $20\sim 350\text{Torr}$ 程度に減圧して溶射すれば、さらに良質なクラッド層を得ることができる。

【0025】また、本実施形態においてはクラッドを溶射法のみで形成したが、コア近傍の $10\mu\text{m}$ 程度のクラッド部をEB蒸着やスパッタなどのより低損失なプロセスで形成し、その上から溶射法を用いてクラッドを作製すればさらに低損失な光導波路を作製することが可能である。

【0026】（第2の実施形態）図3は型押し成形を用いた本発明の実施の形態の例を示す図である。下部クラッド層を兼ねたガラス基板31にコアパターン状に凸型に加工された金型を押しつけ、加圧成形することで基板上に一括でコアパターン溝（ $8\mu\text{m}$ 角）を形成する。

【0027】次にコアパターン溝に光硬化樹脂として紫外線硬化樹脂を充填する。樹脂材料としては、例えばエポキシ系モノマのように、粘性が 100cps 以下と低く、室温でも流動性を有するものが望ましい。このような樹脂を用いると、溝から溢れる樹脂の量を、コア内の導波性能に影響を与えない程度の微量に制限することができるのと同時に、後工程で樹脂内の気泡を取り除くことができる。

【0028】さらに上部クラッドとして別のガラス基板をコア部に押しつけ、これを数十 Torr 程度の減圧下に保持することで樹脂内の気泡を取り除いた後、紫外光を照射することによりコア部を硬化させると同時に、土下の基板を接着することによって、埋め込み型の光導波路を作製することができる。

【0029】従来、溝を形成してこれに樹脂を充填して光導波路を形成する提案がなされている。溝の形成方法には主にイオンエッチングが用いられているが非常に複雑な工程や設備が必要であり、コスト面で課題を生じる。他に射出成形や、レーザによる溝加工も提案されているが、ともに微細なコアパターンを作ることが困難で、基板材料にも大きな制約がある。

【0030】本実施形態の製造方法はコアのパターニングに型押し成形を用いている。型押し成形は工程が比較的簡単で、大がかりな設備を必要せずに微細なパターンを一括で実現できるため、量産面で非常に有利である。基板についてもガラスのみならず、より安価なプラスチックにも適用が可能である。

【0031】また、基板がクラッド層を兼ねているために石英系の導波路作製にしばしば必要となる高温プロセスや高真空プロセスが不要であり、極めて安価に光導波路を製造することができる。

【0032】

【発明の効果】以上のように、本発明の光導波路の製造方法によれば、(1)高速化、大面積化が容易な溶射法を用いて膜形成する、または(2)下部クラッドを兼ねた第1の基板に型押し成形によりコアパターン溝を一度に形成し、この溝に紫外線硬化樹脂など光硬化性樹脂を充填し、上部クラッドを兼ねた第2の基板と第1の基板とにより光硬化性樹脂を挟んで、光を照射して樹脂を硬

化してコア層とするとともに両基板を接合する、ことにより、性能、量産性、低コスト性をいずれにおいても優れた製造方法とすることができる。

【0033】また、(2)の方法によれば、高温プロセスや高真空プロセスを用いないのでプラスチックのような耐熱性の低い基板にも適用できるという利点もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の製造方法の一例を示す図である。

【図2】 プラズマ溶射装置のトーチの概略を示す図である。

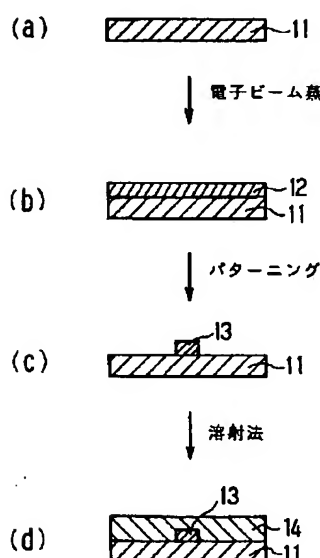
【図3】 本発明の第2の製造方法の一例を示す図である。

【図4】 従来の光導波路の製造方法の一例を示す図である。

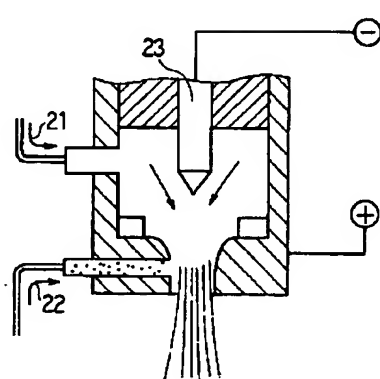
【符号の説明】

- 11、41 石英基板(下部クラッド膜)
- 12、42 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ よりなるコア膜
- 13、43 パターニングされたコア膜
- 14、44 上部クラッド膜
- 21 供給ガス
- 22 原料粉末
- 23 カソード
- 31、33 ガラス基板
- 32 紫外線硬化樹脂

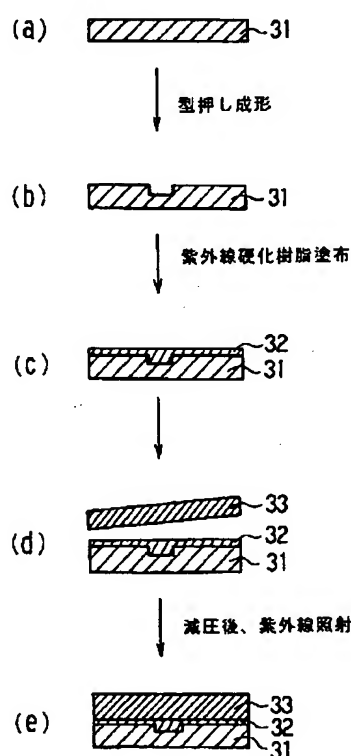
【図1】



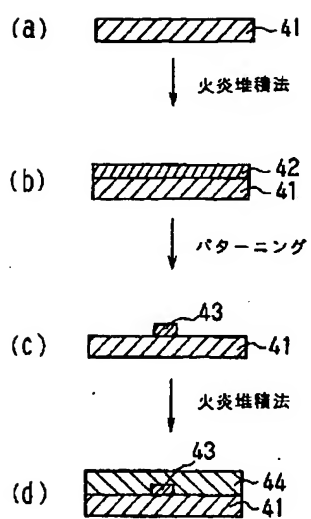
【図2】



【図3】



【図4】



THIS PAGE BLANK (USPTO)